



Aalborg Universitet

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Kornvægtfylde

Nielsen, Benjaminn Nordahl; Nielsen, Søren Dam

Publication date:
2019

Document Version
Også kaldet Forlagets PDF

[Link to publication from Aalborg University](#)

Citation for published version (APA):
Nielsen, B. N., & Nielsen, S. D. (2019). *Kornvægtfylde*. Aalborg Universitet, Institut for Byggeri og Anlæg. DCE Lecture notes Nr. 51

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal -

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at vbn@aub.aau.dk providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



INSTITUT FOR BYGGERI OG ANLÆG
AALBORG UNIVERSITET

Kornvægtfylde

Benjaminn Nordahl Nielsen
Søren Dam Nielsen

Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Sektionen for byggeri og infrastruktur

DCE Lecture Notes No. 51

Kornvægtfylde

Benjaminn Nordahl Nielsen
Søren Dam Nielsen

2019

© Aalborg Universitet

Videnskabelige publikationer ved Institut for Byggeri og Anlæg

Technical Reports anvendes til endelig afrapportering af forskningsresultater og videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg på Aalborg Universitet. Serien giver mulighed for at fremlægge teori, forsøgsbeskrivelser og resultater i fuldstændig og uforkortet form, hvilket ofte ikke tillades i videnskabelige tidsskrifter.

Technical Memoranda udarbejdes til præliminær udgivelse af videnskabeligt arbejde udført af ansatte ved Institut for Byggeri og Anlæg, hvor det skønnes passende. Dokumenter af denne type kan være ufuldstændige, midlertidige versioner eller dele af et større arbejde. Dette skal holdes in mente, når publikationer i serien refereres.

Contract Reports benyttes til afrapportering af rekvireret videnskabeligt arbejde. Denne type publikationer rummer fortroligt materiale, som kun vil være tilgængeligt for rekvirenten og Institut for Byggeri og Anlæg. Derfor vil Contract Reports sædvanligvis ikke blive udgivet offentligt.

Lecture Notes indeholder undervisningsmateriale udarbejdet af undervisere ansat ved Institut for Byggeri og Anlæg. Dette kan være kursusnoter, lærebøger, opgavekompendier, forsøgsmanualer eller vejledninger til computerprogrammer udviklet ved Institut for Byggeri og Anlæg.

Theses er monografier eller artikelsamlinger publiceret til afrapportering af videnskabeligt arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg som led i opnåelsen af en ph.d.- eller doktorgrad. Afhandlingerne er offentligt tilgængelige efter succesfuldt forsvar af den akademiske grad.

Latest News rummer nyheder om det videnskabelige arbejde udført ved Institut for Byggeri og Anlæg med henblik på at skabe dialog, information og kontakt om igangværende forskning. Dette inkluderer status af forskningsprojekter, udvikling i laboratorier, information om samarbejde og nyeste forskningsresultater.

Udgivet 2019 af
Aalborg Universitet
Institut for Byggeri og Anlæg
Thomas Manns Vej 23
DK-9220 Aalborg Ø, Danmark

Trykt i Aalborg på Aalborg Universitet

ISSN 1901-7286
DCE Lecture Notes No. 51

Udgivelser i DCE Lecture Note serien

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Glødetab, DCE Lecture note no. 48, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Hydrometeranalyse, DCE Lecture note no. 49, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Konsistensgrænser, DCE Lecture note no. 50, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Løs og fast lejring, DCE Lecture note no. 52, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Rumvægt, DCE Lecture note no. 53, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Sigteanalyse, DCE Lecture note no. 54, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Nielsen, B.N. og Nielsen, S.D. 2019, Vandindhold, DCE Lecture note no. 55, Aalborg Universitet, Institut for byggeri og anlæg, Aalborg.

Forord

Denne vejledning omhandler bestemmelse af kornvægtfylden af jordarter.

Vejledningen er en del af en serie, der beskriver udførelsen af geotekniske klassifikationsforsøg som de foretages i laboratoriet for fundering ved Aalborg Universitet.

Vejledningen er opbygget på følgende måde:

- *Tilhørende standarder*
- *Definitioner*
- *Apparatur*
- *Kalibrering af udstyr*
- *Klargøring af prøvemateriale*
- *Forsøgsprocedure*
- *Beregninger*
- *Rapportering*
- *Bemærkninger*
- *Skema til brug for forsøgsudførelse*
- *Evt. bilag*

Det må anbefales brugeren af denne vejledning at læse hele vejledningen igennem inden forsøget påbegyndes.

Nummerering på figurer er i teksten angivet med { }.

Enheder er angivet med [], f.eks. [%].



Tilhørende standard

Forsøget er baseret på og yderligt beskrevet i standarden DS/CEN ISO/TS 17892-3.

Definition

Ved kornvægtfylde forstås kornmaterialets relative densitet, d_s :

$$d_s = \frac{\text{vægten af et bestemt rumfang jordkorn}}{\text{vægten af det samme rumfang destilleret vand ved } 4^\circ \text{C}}$$

Jordkornenes vægt reduceres ikke for opdrift i luft.

Efter ovenstående definition, fås:

$$d_s = \frac{\rho_s}{\rho_w^{4^\circ}} = \frac{W_s}{V_s \cdot \rho_w^{4^\circ}}$$

V_s Volumen af tørt kornmateriale [cm^3]

W_s Vægten af tørt kornmateriale [g]

ρ_s Kornmaterialets densitet [g/cm^3]

$\rho_w^{4^\circ}$ Demineraliseret vands densitet ved 4°C , $\rho_w^{4^\circ} = 1\text{g/cm}^3$

For jordarter uden organisk indhold kan d_s regnes at variere fra 2,65 for rent kvartsand til 2,85 for visse lerminerale.

For jordarter indeholdende særligt tunge eller lette mineraler kan d_s antage værdier uden for dette område.

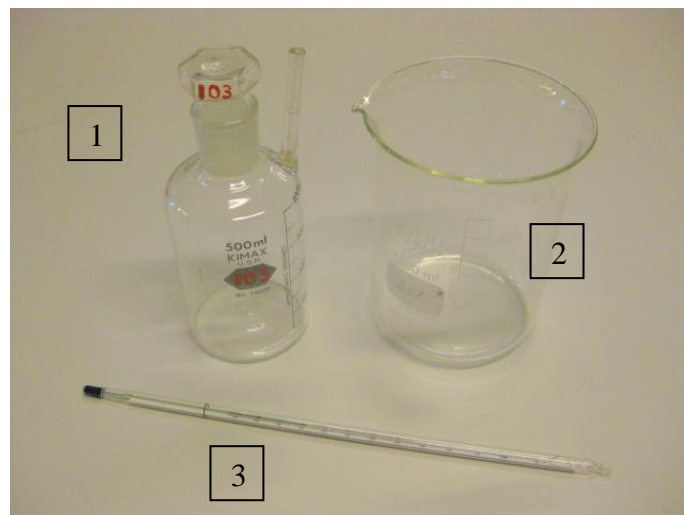
Indhold af organisk stof kan reducere d_s helt ned til 1,0.

Jordkornenes rumfang er defineret som rumfanget af den massive masse, de lukkede porer og den del af åbne porer, der er utilgængelig, når denne vejledning følges.

Apparaturliste

Apparatur som benyttes i forsøget, numrene henviser til figur 1.

- Pyknometer {1}
- Bægerglas {2}
- Termometer, nøjagtighed 0,1 °C {2}
- Vægt, vejenøjagtighed på 0,001 g
- Tørreskab, temperatur til 105°C
- Vacuumekssikator



Figur 1: Apparatur til kornvægtfyldeforsøg. Numrene henviser til apparaturlisten herover.

Kalibrering af udstyr

Pyknometeret skal kalibreres årligt. Der skal ikke kalibreres udstyr umiddelbart inden forsøget.

Til bestemmelse af jordkornenes rumfang anvendes et pyknometer (en glasflaske).

Vægten af pyknometer fyldt med luftfrit demineraliseret vand (W_2) ved en given temperatur skal på forhånd være kendt. Denne kalibrering af pyknometer kan gøres eksperimentelt ved at veje pyknometeret fyldt med luftfrit demineraliseret vand ved forskellige temperaturer. Kalibreringen kan også foretages teoretisk, når man kender rumudvidelseskoefficienten for pyknometeret (duran og pyrex glas $\beta = 10^{-5}$ pr. °C).

Vægt af pyknometer fyldt med luftfrit demineraliseret vand (W_2) som funktion af temperatur, kan aflæses på kalibreringsskemaet, udarbejdet for det enkelte pyknometer. Nyeste kalibreringsskemaer for benyttede pyknometre kan findes i geoteknisk laboratorium ved Aalborg Universitet.

Klargøring af prøvemateriale

Normalt anvendes 500 ml pyknometer. Er der kun en mindre jordprøve til rådighed (mindst 10 g tørstof), kan man anvende 50 ml pyknometer.

Den videre fremgangsmåde afhænger af, om d_s skal bestemmes for kohæsionsjord eller friktionsjord.

De angivne prøvestørrelser i det efterfølgende er beregnet for 500 ml pyknometer.

De angivne prøvemængder er angivet i tørstof, men der benyttes fugtigt materiale, hvorfor der skal tages højde for vandindholdet.

Kohæsionsjord. Våd metode

- Prøven rives eller deles i små dele, og der udtages en repræsentativ delprøve svarende til ca. 50 g tørstof.
- Prøven røres op med mindst 200 ml demineraliseret vand til en homogen opslemning. Dette kan gøres på rystebord, hvor opslemningen skal stå i ca. 4 timer ved en frekvens på 170 rystninger i minuttet.
- Opslemningen hældes over i pyknometeret.
- Rester i skålen skylles om nødvendigt over i pyknometeret med luftfrit demineraliseret vand. Der hældes luftfrit demineraliseret vand i pyknometeret, til det er ca. halvfylt.

Friktionsjord. Tør metode

- Der udtages en delprøve på svarende til ca. 150 g tørstof.
- Prøven placeres i pyknometeret, benyt eventuelt en tragt.
- Der hældes luftfrit demineraliseret vand i pyknometeret ved at lade det løbe ned langs indersiden af pyknometeret, til det er ca. halvfylldt, figur 2.
- Det sikres, at hele prøven er vandmættet og der ikke er skjulte luftbobler i materialet. Dette kan gøres ved at holde pyknometeret på skrå og langsomt dreje det, således frigøres fangede luftbobler. Der drejes til der ikke er mere luft der frigives ved yderligt at dreje en hel omgang.

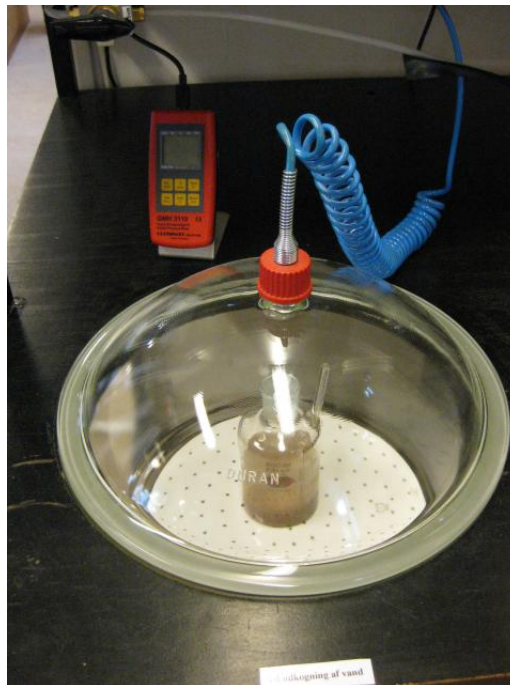


Figur 2: Pyknometer med friktionsjord og demineraliseret vand.

Forsøgsprocedure

Den følgende forsøgsbeskrivelse er gældende for både friktion- og kohæsionsjord.

- Pyknometeret uden prop anbringes i vacuumekssikkatoren, hvor jorden koges i ca. 60 min., til det er luftfrit, figur 3.
- Pyknometeret tages ud af ekssikkatoren og fyldes op med luftfrit demineraliseret vand, ved at lade vandet løbe ned langs siden af pyknometerets inderside, figur 4. Der fyldes så meget vand i, at der er overskud, når proppen senere sættes i.
- Pyknometeret uden prop henstilles, indtil temperaturen i pyknometeret er lig rumtemperaturen.

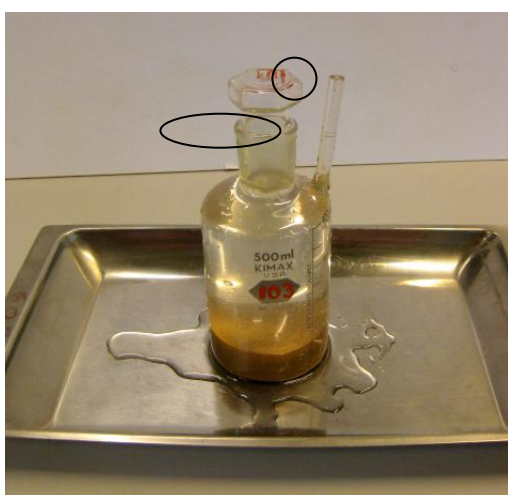


Figur 3: Pyknometer i vacuumekssikator.

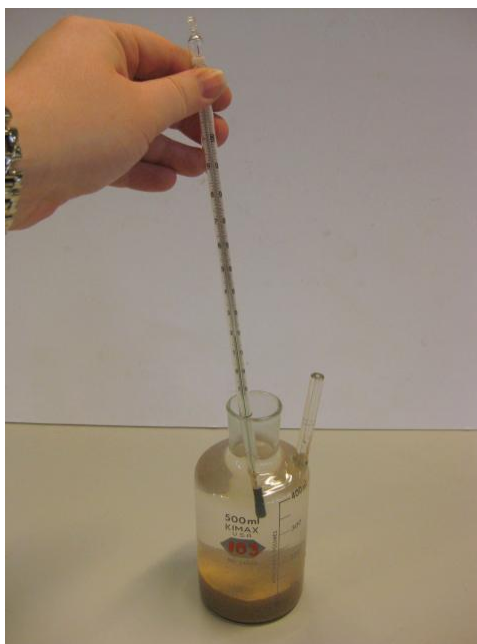


Figur 4: Pycnometeret fyldes forsigtigt op med demineraliseret vand. Vandet løber langs indersiden af pycnometeret.

- Når temperaturen er lig rumtemperatur sættes proppen forsigtigt i pycnometeret, således at det overskydende vand løber over, figur 5. Overløbsrøret skal være fyldt med vand, der må således heller ikke være luft heri.
- Det kontrolleres, at vandet er helt fri for luftblærer, også omkring proppen.
- Pycnometeret aftørres omhyggeligt, vær opmærksom på evt. vand der sidder omkring proppen.
- Det fyldte pycnometer med prop vejes, (W_1).
- Temperaturen i pycnometerets midte måles, figur 6.
- Vægten af pycnometeret fyldt med luftfrit demineraliseret vand ved den målte temperatur (W_2) aflæses i kalibreringsskemaet. Der benyttes linear interpolation til at finde vægten af pycnometeret ved temperaturer forskellige fra dem opgivet i kalibreringsskemaet.



Figur 5: Pycnometer med prop, hvor det overskydende vand er løbet over, hvor der er markeret med O. Pycnometeret tørres grundigt inden det vejes.



Figur 6: Temperaturen måles midt i pyknometeret.

- Et bægerglas vejes ($W_{\text{bæger}}$), og indholdet af pyknometeret hældes heri, figur 7.
- Rester i pyknometeret skyldes over i bægerglasset med demineraliseret vand.
- Opslæmningen tørres i tørreskab ved 105°C . Dette er en langsom proces, og kan tage flere dage afhængig af mængden af vand.
- Opslæmningen kontrolleres dagligt. Når der ikke er synligt vand tilbage, skal prøven stå yderligere 24 timer for at sikre totalt tørring.
- Opslæmningen placeres i eksikator til temperaturen er rumtemperatur, og bægerglas med opslæmning vejes ($W_{\text{bæger}} + W_s$).



Figur 7: Bægerglas med prøven hhv. før og efter den er blevet tørret ved 105°C . Tørretiden kan vare op til flere dage.

Beregninger

$$\text{Rumfang af tørstof} = \frac{W_s + W_2 - W_1}{\rho_w^t}$$

$$d_s = \frac{W_s}{\frac{W_s + W_2 - W_1}{\rho_w^t} \cdot \rho_w^{4^\circ}}$$

$$d_s = \frac{W_s \cdot \rho_w^t}{W_s + W_2 - W_1}$$

W_1 Vægt af pyknometer fyldt med prøve og demineraliseret vand [g].

W_2 Vægt af pyknometer fyldt med demineraliseret vand [g].

ρ_w^t Densitet af demineraliseret vand ved temperaturen t , [g/cm³].

Rapportering

Kornvægtfylden angives med 2 decimaler.

Bemærkninger

Lufttrykket i ekssikkatoren skal reduceres langsomt, således at kogningen ikke medfører, at der rives vand og jord ud af pyknometerets hals.

Stor omhyggelighed med vejninger og temperaturmålinger er nødvendigt, idet d_s beregnes på grundlag af en vægtforskel, som er lille i forhold til vægtene selv.

Der bør benyttes den samme vægt til kalibrering af pyknometeret og til de enkelte vægtbestemmelser.

To væsentlige kilder til fejl er:

- Uens temperatur i pyknometeret
- Ufuldstændig fjernelse af indesluttet luft i jorden

Uens temperaturvanskeligheder undgås, hvis temperaturen i pyknometeret er ens med rumtemperaturen, inden proppen anbringes i pyknometeret.

Den beskrevne kogningsprocedure er normalt nok til at fjerne den indesluttede luft i jorden. Jorden må ikke koges i pyknometeret ved normalt lufttryk, idet pyknometerets form kan ændres.

Hvis kornvægtfylden bestemmes på en frasigtet del af jordarten, anføres dette på forsøgsblanketten.

Sag		Sag nr.
Undersøgt d.	til	Lab. nr.
Kontr. d.	Godk. d.	Kote
		Bilag nr.

PRØVESTØRRELSE

Prøve	nr				
Skål (Bægerglas)	nr				
Skål + W	g				
Skål	g				
W	g				

RELATIV DENSITET

Prøve	nr				
Pyknometer	nr				
Pyk ind/ud eksikkator	kl				
W_1 ($W_{pyk} + W_s + W_{vand}$)	g				
Temperatur t	°C				
W_2 ($W_{pyk+vand}$)	g				
Bægerglas	nr				
Bæger ind varmeskab	d. kl				
Bæger ud varmeskab	d. kl				
$W_{bgrglas} + W_s$	g				
$W_{bgrglas}$	g				
Tørstof W_s	g				
Vands densitet ρ_w^t	g/ml				
Relativ densitet $d_s = \frac{W_s \cdot \rho_w^t}{W_s + W_2 - W_1}$					

DESTILLERET VANDS DENSITET ρ_w^t

°C	10	11	12	13	14
g/ml	0,99973	0,99963	0,99953	0,99941	0,99927
°C	15	16	17	18	19
g/ml	0,99913	0,99897	0,99880	0,99862	0,99843
°C	20	21	22	23	24
g/ml	0,99823	0,99802	0,99780	0,99757	0,99733
°C	25	26	27	28	29
g/ml	0,99708	0,99681	0,99654	0,99626	0,99598

